

(12) NACH DEM VERTRÄG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. Januar 2007 (11.01.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/003637 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01N 29/02 (2006.01) H03H 3/007 (2006.01)
G01N 29/036 (2006.01) B81B 3/00 (2006.01)
G01N 33/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/063848

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. Juli 2006 (04.07.2006)

(25) Einreihungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2005 032 684.6 6. Juli 2005 (06.07.2005) DE

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Witelshäckerplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: und
Erfinder/Anmelder (*nur für US*): GRAHMANN, Jan [DE/DE]; Eggersdorferstr. 31, 10315 Berlin (DE). STECKENBORN, Arno [DE/DE]; Strandstr. 467 B, 13589 Berlin (DE).

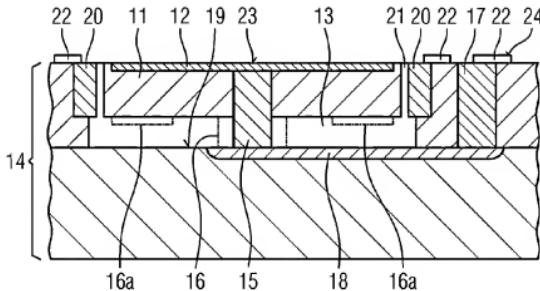
(75) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SI, SG, SK, SI, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: RESONATOR-DETECTOR FOR THE ACOUSTIC IDENTIFICATION OF PARTICLES IN A GASEOUS ATMOSPHERE AND METHOD FOR THE DESIGN THEREOF

(54) Bezeichnung: RESONATOR-DETEKTOR ZUM AKUSTISCHEN NACHWEIS VON TEILCHEN IN EINER GASFÖRMIGEN ATMOSPHÄRE UND VERFAHREN ZU DESSEN AUSLEGUNG



(57) Abstract: The invention relates to a detector for identifying particles, especially gas molecules, that are added to an oscillatory system (11). According to the invention, the oscillatory system is formed by a plate resonator (11) to which a layer (12) is applied. The gas molecules to be identified are added to the layer (12), whereby the oscillating behaviour of the plate resonator (11) changes as a result of the material increase. Advantageously, a very high sensitivity up to the ppb range is reached as the inventive embodiment of the plate resonator (11) provided with a coating (12) enables oscillation modes, in which the plate resonator is not only deflected in the plane thereof, but also perpendicularly thereto, to be adjusted. The inventive plate resonator can be used, for example, in miniaturised gas analysis systems, in which the smallest gas quantities and concentrations must be identified. The inventive plate resonator can also be used as a fire detector.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/003637 A1



(84) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Gegenstand der Erfindung ist ein Detektor zum Nachweis von Teilchen, insbesondere Gasmolekülen, die zu diesem Zweck auf einem schwingungsfähigen System (11) angelagert werden. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass das schwingungsfähige System durch einen Plattenresonator (11) gebildet wird, auf dem eine Schicht (12) angebracht ist. Auf der Schicht (12) werden die nachzuweisenden Gasmoleküle angelagert, wodurch sich das Schwingungsverhalten des Plattenresonators (11) aufgrund der Massenzunahme verändert. Dabei wird vorteilhaft eine sehr hohe Empfindlichkeit bis in den ppb-Bereich erreicht, da sich aufgrund der erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Plattenresonators (11) mit einer Beschichtung (12) Schwingungsmoden einstellen, bei denen der Plattenresonator nicht nur in seiner Ebene ausgelenkt wird, sondern auch senkrecht zu dieser. Der erfindungsgemäße Plattenresonator kann beispielsweise in miniaturisierten Gasanalysesystemen Anwendung finden, in denen kleinste Gasmengen und insofern auch geringste Konzentrationen nachgewiesen werden müssen. Eine andere Anwendungsmöglichkeit ist die Verwendung als Brandmelder.

Beschreibung

RESONATOR-DETEKTOR ZUM AKUSTISCHEN NACHWEIS VON TEILCHEN IN EINER GASFÖRMIGEN ATMOSPHÄRE UND VERFAHREN ZU DESSEN AUSLEGUNG

5

Die Erfindung betrifft einen Detektor zum Nachweis von Teilchen, insbesondere Gasmolekülen oder auch Nanopartikeln in einer gasförmigen Atmosphäre, aufweisend ein schwingungsfähiges System mit einer Oberfläche, die spezifisch die nachzuweisenden Teilchen an sich binden kann, einen Anregungsmechanismus, der zur Schwingungsanregung Energie in das schwingungsfähige System einleiten kann und eine Schnittstelle zum Auslegen einer Messgröße, die sich abhängig von der Frequenz des schwingungsfähigen Systems ändert.

15

Ein derartiger Detektor ist als Brandschutzmelder, beispielsweise aus der EP 982 588 A1 bekannt. In diesem Brandschutzmelder kommt ein schwingungsfähiges System zur Anwendung, dessen Oberfläche mit einem molekular geprägten Polymer beschichtet ist (auch Molecular Imprinted Polymer genannt und im Folgenden mit MIP abgekürzt). Dieses wird derart hergestellt, dass während der Bildung der Polymerschicht die nachzuweisenden Partikel, z. B. Rauchgaspartikel in der Polymermatrix eingebettet werden und nach deren Aushärtung aus dieser Matrix herausgelöst werden. Die dadurch entstehenden Poren sind selektiv zur Aufnahme der bei der Herstellung eingebrachten Rauchgaspartikel geeignet, so dass sich im Falle des Auftretens von Rauch erneut Rauchgaspartikel in die betreffende Schicht einlagern. Dies verändert die Resonanzfrequenz des schwingungsfähigen Systems aufgrund der Massenzunahme.

Das schwingungsfähige System wird gemäß der EP 982 588 A1 durch einen Oberflächenwellengenerator gebildet. Dieser be-

steht aus auf der Oberfläche aufgebrachten Elektroden, die auf der Oberfläche des schwingungsfähigen Systems sich ausbreitende Wellen erzeugen. Je nach Beladungszustand der Beschichtung breiten sich diese Wellen (auch Surface Acoustic Waves, kurz SAW genannt) mit unterschiedlicher Geschwindigkeit aus. Die Laufgeschwindigkeit kann durch ein gegenüber dem aussendenden Elektrodenpaar angeordneten Elektrodenpaar ermittelt werden. Für Rauchgaspartikel können gemäß der EP 982 588 A1 Nachweisempfindlichkeiten bis in den ppb-Bereich erzeugt werden.

Detektoren der eingangs genannten Art werden auch zur Detektion von Gasmolekülen verwendet. Als Beschichtung kommen hierbei Polymerschichten zum Einsatz, an die bestimmte Gasmoleküle angelagert werden können. Hierbei ist die Massenzunahme verhältnismäßig geringer als bei der Anlagerung von Nanopartikeln, weswegen die derzeit erreichbaren Empfindlichkeiten für die Detektion von Gasmolekülen noch im zweistelligen ppm-Bereich liegen.

20

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Detektor für Teilchen zu schaffen, der eine verbesserte Empfindlichkeit aufweist und daher auch eine hohe Empfindlichkeit für den Nachweis von Gasmolekülen besitzt.

25

Diese Aufgabe wird mit dem eingangs genannten Detektor erfundungsgemäß dadurch gelöst, dass das schwingungsfähige System durch einen Plattenresonator ausgebildet ist, der mit einer Schicht beschichtet ist, die die Oberfläche für die nachzuweisenden Teilchen zur Verfügung stellt. Die Auswahl eines Plattenresonators als schwingungsfähiges System hat den Vorteil, dass eine Miniaturisierung der Bauweise des Plattenresonators durch mikromechanische Verfahren einfach realisiert

werden kann. Dabei hat es sich überraschenderweise gezeigt, dass sich die Empfindlichkeit des Systems aufgrund der Miniaturisierung in einem sehr viel stärkeren Maße verzeichnen lässt, als dies bei einer Abnahme der Masse des schwingungsfähigen Systems aufgrund der Miniaturisierung hätte erwarten lassen. Zwar sind mikromechanisch hergestellte Systeme mit Plattenresonatoren beispielsweise durch Ville Kaajakari u.a. in "Square-Extensional Mode Single-Chrystal Silicon Micromechanical RF-Resonator", Transducers 2003, pp. 951- 954 und 10 durch Siavash Pourkamali in "SOI-Based HF and VHF Single-Chrystal Silicon Resonators with Sub-100 Nanometer Vertical Capacativ Gaps", Transducers 2003, pp 837-840 beschrieben. Jedoch sollen diese schwingungsfähigen Systeme eine möglichst konstante Frequenz aufweisen, um in elektronischen Systemen 15 beispielsweise auf Leiterplatten als Taktgeber eingesetzt zu werden. Im Unterschied hierzu zielt die erfindungsgemäße Verwendung der mikromechanisch hergestellten Plattenresonatoren darauf, eine möglichst empfindliche Abhängigkeit der Resonanzfrequenzen des Plattenresonators von einer Veränderung 20 der schwingenden Masse zu erreichen. Hierdurch können nämlich an die Beschichtung angelagerte Teilchen wie Gasmoleküle mit einer hohen Empfindlichkeit nachgewiesen werden, so dass eine Nachweisgenauigkeit auch bei Anwendungen für den Nachweis von Gasmolekülen vorteilhaft in den ppb-Bereich gelangt.

25

Der überraschende Effekt einer überdimensionalen Steigerung der Empfindlichkeit lässt sich darauf zurückführen, dass die Beschichtung auf dem Plattenresonator die Eigenschwingungsformen, die durch eine Anregung erreicht werden können, stark 30 beeinflusst. Hierbei sind Eigenschwingungsformen (Moden) zu erreichen, die eine mehrfache Verwindung des Plattenresonators in sich aufweisen und so zu wesentlich stärker ausgeprägten Schwingungsformen führen, als dies bei den in den ge-

nannten Aufsätzen beschriebenen Schwingungen der Fall ist. Diese komplexen Moden reagieren hinsichtlich ihrer Resonanzfrequenzen auch wesentlich empfindlicher auf eine Veränderung der Masse des Plattenresonators, wodurch die hohe Empfindlichkeit des Detektors zu erklären ist.

Weiterhin steigern die beobachteten Schwingungsmoden überraschenderweise auch die Dämpfung des Plattenresonators in der Gasatmosphäre in wesentlich geringerem Maße, als die durch die Schwingungsbewegung zu erwarten wäre. Dies lässt sich damit erklären, dass die Schwingungsmoden zu Verformungszuständen des Plattenresonators führen, die es nicht erforderlich machen, dass die an die Oberflächen des Plattenresonators angrenzenden Luftsichten komplett verdrängt werden, sondern die eine jeweilige lokale Verschiebung der Gasmoleküle der angrenzenden Gasschichten zwischen den schwingenden Arealen des Plattenresonators erlauben. Dadurch wird die Gasbewegung an der Grenzfläche des Plattenresonators verringert, weswegen dem schwingenden Plattenresonator auch ein geringerer Energiebetrag entzogen wird (dies bedeutet eine geringere Luftdämpfung). Diese Zusammenhänge werden im Folgenden anhand der graphischen Darstellungen in der Zeichnung näher erläutert.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Plattenresonator insbesondere eine zentrale symmetrische Oberseite aufweist und im Flächenschwerpunkt mit einer säulenartigen Aufhängung gehalten ist. Diese Aufhängung lässt sich mit dem Stamm eines Baumes vergleichen, wobei der Plattenresonator dann so zu sagen die Baumkrone bildet. Der insbesondere zentrale symmetrische Aufbau des Plattenresonators kann beispielsweise durch eine quadratische oder runde Oberfläche gewährleistet sein. Mit der säulenartigen Aufhängung lässt sich vorteilhaft ein schwingungsfähiges

System erzeugen, deren Aufhängung verhältnismäßig steif ist und gleichzeitig das Schwingungsverhalten des Plattenresonators aufgrund der punktuellen Ausdehnung wenig beeinflusst. Dies ermöglicht die weitgehend ungestörte Ausbildung der bereits erwähnten Schwingungsmoden.

Gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Plattenresonator am Rand mit einer oder mehreren gleichmäßig verteilten stegartigen Aufhängungen in einer 10 Vertiefung gehalten ist. Die stegartigen Aufhängungen bilden somit so zu sagen Brücken zwischen dem Plattenresonator und dem Rand der Vertiefung aus, wobei der Plattenresonator bezüglich des Vertiefungsbodens derart gehalten ist, dass er diesen bei der Ausbildung der Schwingungsbewegungen nicht beeinflusst. Die gleichmäßige Unterbringung der stegartigen Aufhängungen unterstützt die Ausbildung von Schwingungsmoden, die aufgrund der homogenen Materialeigenschaften des Plattenresonators regelmäßige Geometrien aufweisen. Die stegartigen Aufhängungen lassen sich vorteilhaft sehr einfach herstellen, 15 wenn der Plattenresonator mikromechanisch in Ätztechnologie erzeugt wird, da die stegartigen Aufhängungen auf einfache Weise durch Ätzen aus den vollen Basismaterialien erzeugt werden können.

20 Gemäß einer besonderen Ausgestaltung ist vorgesehenen, dass der Plattenresonator in einen Schichtverband integriert ist, wobei der Plattenresonator durch eine der Schichten gebildet ist. Der Aufbau des Plattenresonators und seiner Umgebung in Schichtform hat den Vorteil, dass dies einer mikromechanischen Herstellung des Detektors entgegen kommt. Die Schichten können abhängig vom Fertigungsverfahren unterschiedliche Eigenschaften aufweisen, so dass sich beispielsweise die 25 Schicht, die unter dem Plattenresonator liegt, auf einfache

Weise durch eine Ätzbehandlung entfernen lässt. Weiterhin können Ätzschritte durchgeführt werden, die vor einer Endmontage des Schichtverbandes zu dem Schichtstapel erfolgen.

5 Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn in dem Detektor der Anregungsmechanismus durch Elektroden gebildet wird, die unter Ausbildung eines Spaltes dem Rande des Plattenresonators benachbart angeordnet sind. Insbesondere bietet sich diese Konstruktion an, wenn der Plattenresonator in einer Vertiefung 10 des Substrats, in der er hergestellt wird, befindlich ist. Die Elektroden können dann in die die Vertiefung tragende Struktur integriert werden.

Das Funktionsprinzip der Elektroden als Anregungsmechanismus 15 beruht auf elektrostatischen Kräften, die aufgrund der Ausbildung des elektrostatischen Feldes in Nachbarschaft der Elektroden und dessen Überschneidung mit dem Material des Plattenresonators zurückzuführen ist.

20 Weiterhin kann der Anregungsmechanismus vorteilhaft auch durch einen Piezokristall gebildet werden, der seine Schwingungen über den Aufhängungsmechanismus auf den Plattenresonator überträgt. Dies hat den Vorteil, dass eine Krafteinleitung direkt an der Aufhängung des Plattenresonators erfolgt, 25 wodurch sich die Ausbildung der Schwingungsmoden unterstützen lässt. Der oder die Piezokristalle können alternativ aber auch als Schicht auf dem Plattenresonator aufgebracht sein, so dass eine Schwingungsanregung vorteilhaft beispielsweise in die Unterseite des Plattenresonators eingeleitet werden kann. 30 Beispiele für Piezokristalle als Anregungsmechanismus finden sich in G. Piazza et al. „Single-Chip Multiple-Frequency Filters based on Contour-Mode Aluminum Nitride piezoelectric micro-mechanical Resonators“, 13th International Conference on

Solid State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers 2005) Seoul, Korea June 2005.

Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Auslegen
5 des Schwingungsverhaltens eines Detektors, wie dieser vorste-
hend beschrieben wurde. Hierdurch wird die genannte Aufgabe
dahingehend gelöst, dass durch eine gezielte Auslegung unter
Berücksichtigung der besonderen Gegebenheiten der konstruktive-
nen Ausgestaltung des Plattenresonators in der beschriebenen
10 Weise die Empfindlichkeit des Detektors optimiert werden
kann.

Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass durch Variati-
on der Schichtdicke der Schicht ein Optimum für die Nachweis-
15 empfindlichkeit des Detektors ermittelt wird. Bei der Ausle-
gung des Plattenresonators wird damit dem Umstand Rechnung
getragen, dass die erfindungsgemäß auf den Plattenresonator
aufgebrachte Schicht das schwingungsfähige System an sich
dämpft, wobei die Dämpfungswirkung um so größer wird, je di-
20 cker die Schicht ausgeführt ist. Demgegenüber steht jedoch
der bereits erwähnte überraschende Effekt, dass die Aufbrin-
gung der Schicht auf den Plattenresonator bewirkt, dass die
sich bei einer Anregung ausbildenden Eigenschwingungsformen
nur einen geringen weiteren Anstieg der Dämpfung durch die
25 angrenzenden Gasmoleküle bewirken. Da die Dämpfung aufgrund
der Gasmoleküle im Verhältnis zur Dämpfung aufgrund der An-
bringung der Schicht keinen großen Einfluss auf die Dämpfung
bildet, kann die Auslegung der Schichtdicke der Schicht vor-
rangig von deren jeweils zu ermittelnden Einfluss auf die
30 Schwingungsmoden erfolgen, so lange sich die Schwingungsmoden
hinsichtlich einer größeren Nachweisempfindlichkeit aufgrund
einer stärkeren Abhängigkeit des Schwingungsverhaltens von
angelagerten Teilchen positiv auswirken. Die Vergrößerung der

Dämpfung aufgrund der Schichtdicke kann dabei hingenommen werden, da das Gesamtergebnis der resultierenden Detektorempfindlichkeit sich insgesamt verbessert. Ein Optimum kann beispielsweise mit Finite Elemente-Methoden berechnet werden.

5 Soweit die konstruktive Ausgestaltung des Detektors von den Berechnungen abweicht, kann durch die verhältnismäßig einfach durchzuführende Variation der Schichtdicke der Schicht iterativ das reale Optimum der Nachweisempfindlichkeit aufgefunden werden, ohne dass die Konstruktion des Plattenresonators 10 selbst verändert werden müsste. Auch kann ohne großen Aufwand mit unterschiedlichen Schichtmaterialien experimentiert werden.

Weitere Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend anhand 15 schematischer Ausführungsbeispiele beschrieben. In den Figuren werden gleiche oder sich entsprechende Elemente jeweils mit den gleichen Bezugssymbolen versehen und nur insoweit mehrfach erläutert, wie sich Unterschiede zwischen den einzelnen Figuren ergeben. Es zeigen

20 Figur 1 einen Schnitt durch den erfindungsgemäßen Detektor mit einer zentralen Aufhängung,

25 Figur 2 die Aufsicht auf ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Detektors mit einer stegartigen Aufhängung an den Ecken, und

Figur 3 bzw. 4 verschiedene Schwingungsmoden eines Ausführungsbeispiels des in dem erfindungsgemäßen 30 Detektor zum Einsatz kommenden Plattenresonators mit zentraler Aufhängung.

Gemäß Figur 1 ist ein Detektor für Gasmoleküle dargestellt, der aus einem Plattenresonator 11 besteht, wobei der Plattenresonator eine Schicht 12 trägt, auf der die nachzuweisenden Gasmoleküle angelagert werden (nicht dargestellt). Der Plattenresonator 11 ist in einer Vertiefung 13 untergebracht, die in Ätztechnologie in einem Schichtverband 14 ausgebildet ist. In der Vertiefung 13 ist der Plattenresonator 11 auf einer säulenartigen Aufhängung 15 gelagert, so dass die sich zum Rand des Plattenresonators 11 erstreckenden Areale frei schwingen können.

Alternativ kann die säulenartige Aufhängung auch durch einen lediglich strichpunktiert dargestellten Piezokristall 16 gebildet sein, der in diesem Fall den auf ihm ruhenden Plattenresonator 11 zu Schwingungen anregen kann. Piezokristalle 16a können gemäß einer anderen Alternative auch an der Unterseite (der Schicht 12 gegenüberliegend) des Plattenresonators angebracht sein, um eine flächige Schwingungsanregung des Plattenresonators zu bewirken.

Die säulenartige Aufhängung 15 bildet gleichzeitig eine Elektrode, welche über eine Durchkontaktierung 17 in der oberen Schicht des Schichtverbandes 14 und eine Leitstrecke 18 in der unteren Schicht des Schichtverbandes 14, die gleichzeitig den Boden 19 der Vertiefung bildet, elektrisch kontaktierbar ist. Weitere Elektroden 20 sind in den Rand der Vertiefung 13 integriert und den Seitenkanten des Plattenresonators 11 unter Bildung eines Spaltes 21 benachbart. Um den Plattenresonator 11 zu Schwingungen anzuregen, können die Elektroden 20 sowie die säulenartige Aufhängung 15 über Leiterbahnen 22, die auf der Oberseite des Schichtverbandes 14 verlaufen, mit einer Wechselspannungsquelle verbunden werden.

10

Alternativ kann die säulenartige Aufhängung 15 auch geerdet werden.

Sobald sich an der Oberfläche 23 der Schicht 12 Gasmoleküle 5 anlagern, verändert sich aufgrund einer Veränderung der schwingenden Masse des Plattenresonators 11 dessen Resonanzfrequenz. Die Verschiebung der Resonanzfrequenz kann beispielsweise dadurch gemessen werden, dass durch Modifikation der Anregung die neue Resonanzfrequenz aufgefunden wird. Eine 10 andere Möglichkeit ist die Ermittlung der aufgrund der Verschiebung der Resonanzfrequenz resultierenden Vergrößerung der Dämpfung. Aus der Dämpfung bzw. aus der Verschiebung der Resonanzfrequenz kann weiterhin auf die Erhöhung der schwingenden Masse des Plattenresonators 11 und damit auf die Masse 15 der angelagerten Teile rückgeschlossen werden.

Damit bilden die Leiterbahnen 22 auch eine Schnittstelle 24 zur Ermittlung des Detektionsergebnisses.

20 Der Figur 2 kann ein alternativer Aufbau des Plattenresonators 11 entnommen werden. Dieser besitzt eine quadratische Fläche, die an ihren vier Ecken jeweils mit einer stegartigen Aufhängung 25 versehen ist. Dabei ist der gesamte Aufbau des Detektors zentraleinsymmetrisch ausgebildet. Mit den stegartigen 25 Aufhängungen 25 wird der Plattenresonator 11 in der Vertiefung 13 in der Schwebe gehalten, so dass dieser den nicht zu erkennenden Boden der Vertiefung 13 nicht berührt. Die Schicht 12 ist entsprechend dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 auf der Oberfläche des Plattenresonators 11 angebracht.

30

Eine Anregung des Plattenresonators gemäß Figur 2 erfolgt über die Elektroden 20, die sich jeweils entlang den Seitenkanten des quadratischen Plattenresonators 11 erstrecken.

11

Durch eine geeignete Schaltung der Elektroden 20 wird eine Schwingungsanregung für den Plattenresonator 11 erreicht, mit dem sich die gewünschten Schwingungsmoden erzeugen lassen.

5 In den Figuren 3 und 4 sind die Schwingungsmoden erster und zweiter Ordnung eines quadratischen Plattenresonators gemäß Figur 1 stark überhöht dargestellt. Anders als bei den Schwingungsformen, die gemäß der vorstehend erwähnten Veröffentlichungen von Kaajakari und Pourkamali lediglich in der 10 Ebene der Ausdehnung des Plattenresonators ausgebildet sind, werden die Elemente des Plattenresonators gemäß den Figuren 3 und 4 nicht nur in der x-y-Ebene der Ausdehnung des Plattenresonators 11 erreicht, sondern es erfolgt auch eine Auslenkung in z-Richtung. Das Koordinatensystem ist in der linken, 15 unteren Ecke des Plattenresonators 11 dargestellt. Eine Kontur 26 des unverformten Plattenresonators ist ebenfalls dargestellt, um den Verformungszustand des Plattenresonators zu verdeutlichen. Weiterhin ist ein Bereich 27, in der die Aufhängung 15 auf der gegenüberliegenden, nicht dargestellten 20 Seite des Plattenresonators angreift, durch eine strichpunktierte Linie angedeutet. Für ausgewählte Punkte des Plattenresonators wird weiterhin die x-Komponente, die y-Komponente und die z-Komponente dargestellt, wodurch noch einmal hervorgehoben wird, dass die Auslenkung der Elemente des Plattenresonators auch in z-Richtung erfolgt.

25 Figur 3 stellt den Schwingungsmodus des Plattenresonators 11 erster Ordnung dar. Dieser lässt sich näherungsweise so beschreiben, dass der quadratische Resonator an zwei gegenüberliegenden Seiten eingeschnürt wird und die beiden anderen gegenüberliegenden Seiten auseinander gedrückt werden (Bewegungen in der Ebene des Plattenresonators). Weiterhin werden die jeweils sich gegenüberliegenden Kanten des Plattenreso-

12

nators in jeweils entgegengesetzter z-Richtung aus der Ebene des Plattenresonators heraus bewegt. Hierbei wird deutlich, dass geschen über die gesamte Platte die Auslenkungen in der z-Achse näherungsweise aufheben, wodurch das Gas an der 5 Grenzschicht des Plattenresonators nicht vollständig verdrängt werden muss, sondern lediglich zwischen den einzelnen Bereichen der Platte verschoben werden muss. Hierdurch lässt sich die geringe Dämpfung der Schwingungen des Plattenresonators erklären.

10

Bei dem Schwingungsmodus des Plattenresonators gemäß Figur 4 handelt es sich um den Schwingungsmodus zweiter Ordnung. Dieser lässt sich vereinfacht beschreiben, wenn man den quadratischen Plattenresonator in vier Quadranten teilt. Jeder dieser Quadranten bildet in seiner Mitte einen Bauch, in dem die Elemente des Plattenresonators in positive z-Richtung ausgelenkt werden. Demgegenüber werden die jeweiligen Ecken des Quadranten in negativer z-Richtung ausgelenkt. Insgesamt ist somit die Auslenkung in z-Richtung ähnlich wie bei dem 15 Schwingungsmodus gemäß Figur 3 ausgeglichen, wobei sich die Ausgeglichenheit auf jeden der Quadranten bezieht. Daher sind die Areale, in denen die an den Plattenresonator angrenzenden Gasmoleküle verschoben werden müssen, vorteilhaft noch kleiner, als bei dem Schwingungsmodus gemäß Figur 3, wodurch die 20 Dämpfung bei den Schwingungen des Plattenresonators weiter verringert werden.

Patentansprüche

1. Detektor zum Nachweis von Teilchen, insbesondere Gasmolekülen, in einer gasförmigen Atmosphäre, aufweisend
 - 5 - ein schwingungsfähiges System mit einer Oberfläche (23), die spezifisch die nachzuweisenden Teilchen an sich binden kann,
 - einen Anregungsmechanismus (16, 20), der zur Schwingungsanregung Energie in das schwingungsfähige System einleiten kann und
 - eine Schnittstelle (24) zum Auslesen einer Messgröße, die sich abhängig von der Frequenz des schwingungsfähigen Systems ändert, dadurch gekennzeichnet,
- 15 dass das schwingungsfähige System durch einen in mikromechanischer Bauweise ausgeführten Plattenresonator (11) ausgebildet ist, der mit einer Schicht (12) beschichtet ist, die die Oberfläche (23) für die nachzuweisenden Teilchen zur Verfügung stellt.
- 20 2. Detektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass der Plattenresonator (11) im Flächenschwerpunkt mit einer säulenartigen Aufhängung (15) gehalten ist.
- 25 3. Detektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass der Plattenresonator (11) am Rand mit einer oder mehreren gleichmäßig verteilten stegartigen Aufhängungen (15) in einer Vertiefung (13) gehalten ist.

4. Detektor nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Plattenresonator in einen Schichtverband (14) integriert ist, wobei der Plattenresonator durch eine der Schichten gebildet ist.
5. Detektor nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Anregungsmechanismus durch Elektroden (20) gebildet wird, die unter Ausbildung eines Spaltes (21) dem Rande des Plattenresonators (11) benachbart angeordnet sind.
6. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
15 dass der Anregungsmechanismus durch einen Piezokristall (16) gebildet ist, der seine Schwingungen über den Aufhängungsmechanismus auf den Plattenresonator (11) überträgt.
7. Detektor nach einem der vorangehenden Ansprüche,
20 dadurch gekennzeichnet,
dass der Anregungsmechanismus durch mindestens einen Piezokristall (16a) gebildet ist, der als Schicht auf dem Plattenresonator (11) aufgebracht ist.
- 25 8. Verfahren zum Auslegen des Schwingungsverhaltens eines Detektors nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass durch Variation der Schichtdicke (12) ein Optimum für die Nachweisempfindlichkeit des Detektors ermittelt wird.

FIG 1

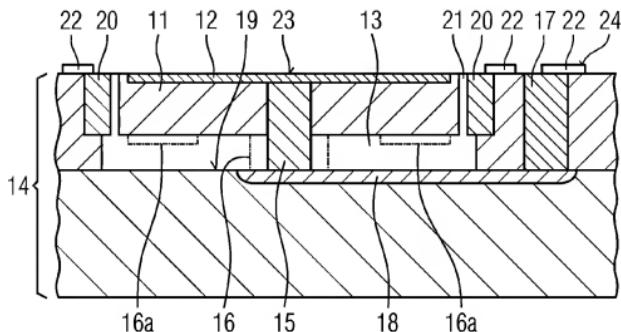


FIG 2

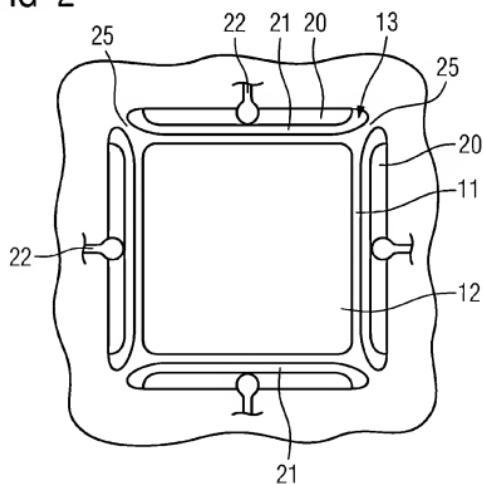


FIG. 3

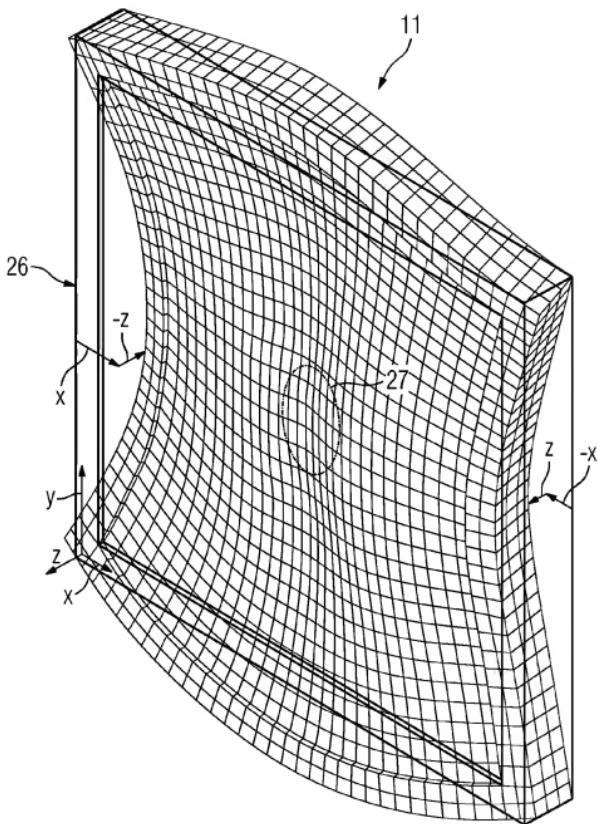
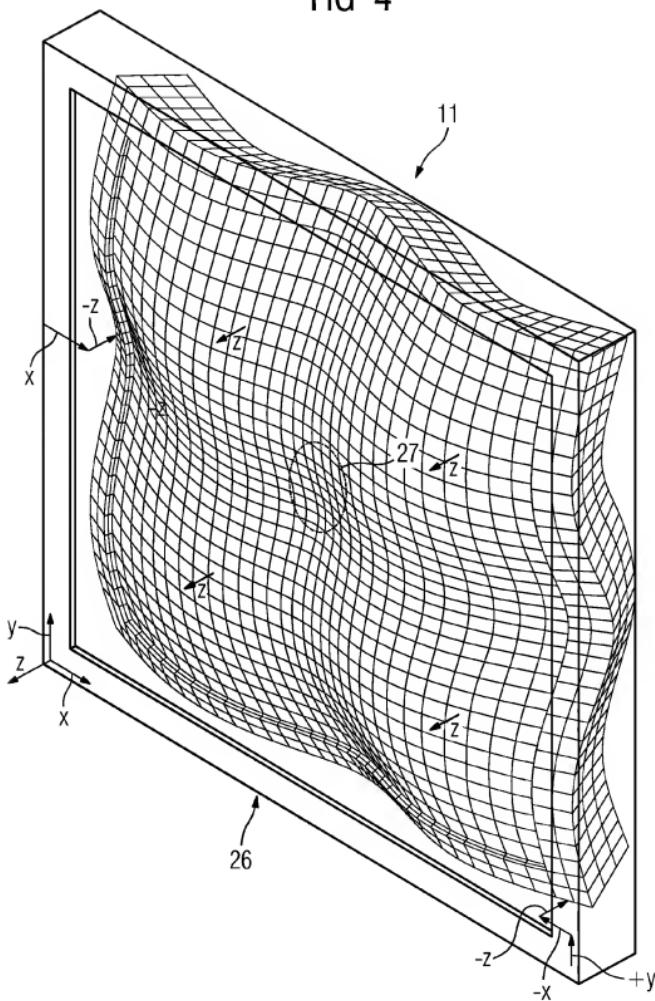


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/063848A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01N29/02 G01N29/036 G01N33/00 H03H3/007 B81B3/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01N H03H B81B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 910 286 A (LIPSKIER ET AL) 8 June 1999 (1999-06-08)	1,4,7
Y	abstract; figures 2A,2B,3	2,3,5
A	column 4, line 27 – column 5, line 21	6,8
X	GRATE AND FRYE: "Acoustic Wave Sensors" SENSORS UPDATE, 1996, pages 37-83, XP002205093	1
Y	abstract; figures 2.1,2.4 page 47, paragraph 1 – page 48, paragraph 1 page 57, last paragraph – page 59, paragraph 3	2,3
		-/-

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the International filing date
- "L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document which is not cited as being of particular relevance but which is cited to establish an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"g" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search	Date of mailing of the International search report
5 October 2006	12/10/2006
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patendaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Uttenthaler, Erich

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/063848

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>KAAJAKARI V ET AL: "Square-extensional mode single-crystal silicon micromechanical rf-resonator" TRANSDUCERS, SOLID-STATE SENSORS, ACTUATORS AND MICROSYSTEMS, 12TH INNATIONAL CONFERENCE ON, 2003, PISCATAWAY, NJ, USA,IEEE, vol. 2, 9 June 2003 (2003-06-09), pages 951-954, XP010647855 ISBN: 0-7803-7731-1 cited in the application abstract; figures 1,2 page 951, left-hand column, lines 1,2 page 954, left-hand column, paragraph 3</p>	2
Y	<p>POURKAMALI S ET AL: "SOI-based rf and vhf single-crystal silicon resonators with sub-100 nanometer vertical capacitive gaps" TRANSDUCERS, SOLID-STATE SENSORS, ACTUATORS AND MICROSYSTEMS, 12TH INNATIONAL CONFERENCE ON, 2003, PISCATAWAY, NJ, USA,IEEE, vol. 1, 9 June 2003 (2003-06-09), pages 837-840, XP010646838 ISBN: 0-7803-7731-1 cited in the application abstract; figures 1,2,7 page 837, left-hand column, last paragraph - right-hand column, paragraph 1</p>	3
Y	<p>US 2002/105393 A1 (CLARK JOHN R ET AL) 8 August 2002 (2002-08-08) abstract; figures 1a,1b paragraphs [0046], [0049]</p>	2,5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2006/063848

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
US 5910286	A 08-06-1999	EP 0756707 A1	05-02-1997	FR 2730810 A1	23-08-1996
		WO 9626435 A1	29-08-1996	JP 9512345 T	09-12-1997

US 2002105393	A1 08-08-2002	US 6856217 B1	15-02-2005
---------------	---------------	---------------	------------

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2006/063848A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. GO1N29/02 GO1N29/036 GO1N33/00 H03H/007 B81B3/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
GO1N H03H B81B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Bez. Anspruch Nr.
X	US 5 910 286 A (LIPSKIER ET AL) 8. Juni 1999 (1999-06-08)	1,4,7
Y	Zusammenfassung; Abbildungen 2A,2B,3	2,3,5
A	Spalte 4, Zeile 27 - Spalte 5, Zeile 21	6,8
X	GRATE AND FRYE: "Acoustic Wave Sensors" SENSORS UPDATE, 1996, Seiten 37-83, XP002205093	1
Y	Zusammenfassung; Abbildungen 2.1,2.4 Seite 47, Absatz 1 - Seite 48, Absatz 1 Seite 57, letzter Absatz - Seite 59, Absatz 3	2,3
	-----	-/-

 Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonderes Bedeutung anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch das die Veröffentlichungsdatum einer anderen im Rechberichtenden genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausprüft)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem betreffenden Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

*" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Angabe nicht verknüpft, sondern nur zur Verbindung mit der Erfindung zu grunde liegenden Prinzipien oder der für zugrundeliegenden Theorie angegeben werden

*"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf einfacherer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

*"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht auf einfacherer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

*"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

5. Oktober 2006

12/10/2006

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentamt 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Uttenthaler, Erich

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2006/063848

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beltr. Anspruch Nr.
Y	<p>KAAJAKARI V ET AL: "Square-extensional mode single-crystal silicon micromechanical rf-resonator" TRANSDUCERS, SOLID-STATE SENSORS, ACTUATORS AND MICROSYSTEMS, 12TH INNATIONAL CONFERENCE ON, 2003, PISCATAWAY, NJ, USA,IEEE, Bd. 2, 9. Juni 2003 (2003-06-09), Seiten 951-954, XP010647855 ISBN: 0-7803-7731-1 in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 Seite 951, linke Spalte, Zeilen 1,2 Seite 954, linke Spalte, Absatz 3</p>	2
Y	<p>POURKAMALI S ET AL: "SOI-based rf and vhf single-crystal silicon resonators with sub-100 nanometer vertical capacitive gaps" TRANSDUCERS, SOLID-STATE SENSORS, ACTUATORS AND MICROSYSTEMS, 12TH INNATIONAL CONFERENCE ON, 2003, PISCATAWAY, NJ, USA,IEEE, Bd. 1, 9. Juni 2003 (2003-06-09), Seiten 837-840, XP010646838 ISBN: 0-7803-7731-1 in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,7 Seite 837, linke Spalte, letzter Absatz - rechte Spalte, Absatz 1</p>	3
Y	<p>US 2002/105393 A1 (CLARK JOHN R ET AL) 8. August 2002 (2002-08-08) Zusammenfassung; Abbildungen 1a,1b Absätze [0046], [0049]</p>	2,5

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur seinen Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/063848

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5910286	A	08-06-1999	EP	0756707 A1	05-02-1997
			FR	2730810 A1	23-08-1996
			WO	9626435 A1	29-08-1996
			JP	9512345 T	09-12-1997
US 2002105393	A1	08-08-2002	US	6856217 B1	15-02-2005